

2022 华数杯全国大学生数学建模竞赛题目

(请先阅读“华数杯数学建模竞赛论文格式规范与提交说明”)

C 题 插层熔喷非织造材料的性能控制研究

熔喷非织造材料是口罩生产的重要原材料，具有很好的过滤性能，其生产工艺简单、成本低、质量轻等特点，受到国内外企业的广泛关注。但是，由于熔喷非织造材料纤维非常细，在使用过程中经常因为压缩回弹性差而导致其性能得不到保障。因此，科学家们创造出插层熔喷法，即通过在聚丙烯（PP）熔喷制备过程中将涤纶（PET）短纤等纤维插入熔喷纤维流，制备出了“Z型”结构的插层熔喷非织造材料。

插层熔喷非织造材料制备工艺参数较多，参数之间还存在交互影响，加上插层气流之后更为复杂，因此，通过工艺参数（接收距离和热空气速度）决定结构变量（厚度、孔隙率、压缩回弹性），而由结构变量决定最终产品性能（过滤阻力、过滤效率、透气性）的研究也变得较为复杂。如果能分别建立工艺参数与结构变量、结构变量和产品性能之间的关系模型，则有助于为产品性能调控机制的建立提供一定的理论基础。

请查阅相关文献，了解专业背景，研究题目数据，回答下列问题。

- 1. 请研究插层后结构变量、产品性能的变化规律，并分析插层率对于这些变化是否有影响？
- 2. 请研究工艺参数与结构变量之间的关系。表1给了8个工艺参数组合，请将预测的结构变量数据填入表1中。

表1：问题2的结果

接收距离 (cm)	热风速度 (r/min)	厚度 mm	孔隙率 (%)	压缩回弹性 率 (%)
38	850			
33	950			
28	1150			
23	1250			
38	1250			
33	1150			
28	950			
23	850			

- 3. 请研究结构变量与产品性能的关系，以及结构变量之间、产品性能之间的关系。结合第二问，研究当工艺参数为多少时，产品的过滤效率将会达到最高？

4. 实际上，产品生产需要兼顾各方面的条件和要求。如接收距离不大可能大于100cm，热空气速度也不大可能大于2000 r/min。按照应用的要求，厚度尽量不要超过3mm，压缩回弹性率尽量不要低于85%。另外，为了防止熔喷非织造过滤材料因过滤阻力大使得大量颗粒堵塞孔隙而致使过滤效率迅速下降的现象发生，产品是需要同时追求过滤效率高和过滤阻力小的目标的。请问工艺参数为多少时，能够使得过滤效率尽量的高的同时力求过滤阻力尽量的小？

专业术语简要解释：

插层率%：将卷曲高弹、力学性能优异的涤纶（PET）短纤插入聚丙烯（PP）切片（非织造材料所用的一种聚合物）中的重量比例。插层是一种混合的方式。

接收距离cm：实验时溶液喷射点到接收喷射过来的溶液位置的距离。

热空气速度 r/min：溶液在空气中喷射的速度。

厚度mm：形成熔喷非织造材料的厚度。

孔隙率%：形成熔喷非织造材料中空隙占材料体积的比率。

压缩回弹性%：反抗压缩的回弹能力。弹性越大说明抗压能力越强。

过滤阻力Pa：阻碍物质颗粒通过熔喷非织造材料的能力。

过滤效率%：物质颗粒通过熔喷非织造材料的比例。

透气性mm/s：空气贯穿熔喷非织造材料的通畅性。

数据解释：

1. “C题数据.xlsx”中的data1中给出了25组对照实验。第一列为实验工艺条件组号，组号所对应的工艺参数组合见data2。其中1#表示未插层材料（普通熔喷材料），2#表示插层熔喷材料。

2. “C题数据.xlsx”中的data3给出了插层率固定的条件下的，不同工艺参数组合的材料结构变量数据和产品性能数据。每个组合实验重复了三次。